



高等轨道交通
系列教材

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG SHEBEI

城市轨道交通设备

朱爱华 / 主编 许均祥 / 主审



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

高等教育城市轨道交通系列教材

城市轨道交通设备

朱爱华 主编

许均祥 主审

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书全面介绍城市轨道交通设备的构成、原理、功能以及设备之间的相互关系。全书共分为9章,主要内容有:绪论、城市轨道交通线路、城市轨道交通车站、城市轨道交通车辆、城市轨道交通供电系统、城市轨道交通信号、城市轨道交通通信、城市轨道交通车站机电设备、城市轨道交通监控系统。

本书结构逐层递进,内容结合实际,语言通俗易懂,可作为高等学校城市轨道交通相关专业本科生教材,也可作为远程与继续教育、高等职业教育以及其他各类教育和培训教材,并可作为城市轨道交通行业工程技术人员和技术工人的学习资料。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通设备/朱爱华主编.—北京:北京交通大学出版社,2011.7

(高等教育城市轨道交通系列教材)

ISBN 978-7-5121-0769-4

I. ①城… II. ①朱… III. ①城市铁路-交通运输工具-高等学校-教材
IV. ①U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第198861号

责任编辑:贾慧娟 陈跃琴

特邀编辑:王凤翔

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

地 址:北京市海淀区高粱桥斜街44号

邮编:100044

印 刷 者:北京交大印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:16 字数:389千字

版 次:2011年11月第1版 2011年11月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-0769-4/U·76

印 数:1~2500册 定价:32.00元



本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质检组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。
投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

《高等教育城市轨道交通系列教材》

编 委 会

顾 问：施仲衡

主 任：陈 庚

副 主 任：朱晓宁 司银涛 章梓茂

委 员：郑光信 毛保华 韩宝明

赵晓波 贾慧娟 李 菊

本书主编：朱爱华

本书主审：许均祥

出版说明

为促进城市轨道交通专业教材体系的建设,满足目前城市轨道交通专业人才培养的需要,北京交通大学交通运输学院、远程与继续教育学院和北京交通大学出版社组织以北京交通大学从事轨道交通研究教学的一线老师为主体、联合其他交通院校教师,并在北京地铁公司、广州市地下铁道总公司、南京地下铁道有限责任公司、广州市地下铁道总公司、北京市轨道交通建设管理有限公司、香港地铁公司等单位有关领导和专家的大力支持下,编写了本套“高等教育城市轨道交通系列教材”。

教材编写突出实用性。本着“理论部分通俗易懂,实操部分图文并茂”的原则,侧重实际工作岗位操作技能的培养。为方便读者,本系列教材采用“立体化”教学资源建设方式,配套有教学课件、习题库、自学指导书,并将陆续配备教学光盘。本系列教材可供相关专业的全日制或在职学习的本专科学生使用,也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

本系列教材的出版得到施仲衡院士的关注和首肯,多年从事城市轨道交通研究的毛保华教授和朱晓宁教授对本系列教材的编写给予具体指导,《都市快轨交通》杂志社的主办和协办单位专家也给予本教材多方面的帮助和支持,在此一并致谢。

本系列教材从2011年8月起陆续推出,首批包括:《城市轨道交通设备》、《列车运行计算与设计》、《城市轨道交通系统运营管理》、《城市规划》、《轨道交通需求分析》、《交通政策法规》、《城市轨道交通规划与设计》、《企业发展战略》、《城市轨道交通土建工程》、《城市轨道交通车辆概论》、《城市轨道交通牵引电气化概论》、《城市轨道交通通信信号概论》、《城市轨道交通列车运行控制》、《城市轨道交通信息技术》、《城市轨道交通运营统计分析》、《城市轨道交通安全管理》、《交通运营统计分析》、《城市轨道交通客流分析》、《城市轨道交通服务质量管理》、《轨道交通客运管理》。

希望本套教材的出版对城市轨道交通的发展、对城市轨道交通专业人才的培养有所贡献。

教材编写委员会
2011年6月

总 序

近年来，中国经济飞速发展，城市化进程逐步加快。在大城市中，地面建筑越来越密集，人口越来越多，交通量越来越大，交通拥堵对社会效益和经济效益都带来了很大影响。据统计，国内每年由于交通拥堵造成的损失将近一千多亿元。

解决交通拥堵，有各种各样的方法，其中城市轨道交通由于其在土地利用、能源消耗、空气质量、景观质量、客运质量等方面具有一定优势，正逐步成为许多大城市交通发展战略中的骨干，并形成以地铁、城市快速铁路、高架轻轨等为主的多元化发展趋势。

我国城市轨道交通从20世纪50年代开始筹划。1965年7月，北京市开始兴建中国第一条地下铁道。经过近50年，特别是近十年的发展，截至2010年底，我国已有13个城市拥有49条运营线路，总里程达1 425.5 km。另有16个城市，总计96条、2 000余 km的线路正在建设中。目前已发展和规划发展城市轨道交通的城市总数已经接近50个，全部规划线路超过300条，总里程超过10 000 km。

随着城市轨道交通在全国范围的迅猛发展，各地区均急需轨道交通建设、运营管理的大批技术人员和应用型人才。目前全国有近百所高等院校和高等职业院校已开设或准备开设城市轨道交通及相关专业全国几十家相关企业，也都设立自己的培训中心或培训部门。

从目前的情况看，在今后几年，城市轨道交通人才的培养应该处于大专院校的学历教育与企业、社会的能力培训相结合的状态。但现实情况是相关的教材，特别是培养应用型人才的优质教材、教学指导书的建设和出版严重不足，落后于城市轨道交通发展的需要。

2011年年初，北京交通大学远程与继续教育学院、交通运输学院、北京交通大学出版社共同筹划出版了“高等教育城市轨道交通系列教材”。这套教材的出版，恰逢其时。首先，这套教材由国内该领域学术界和企业界的知名专家执笔。他们的参与，既保证了对中国轨道交通探索与实践的传承，同时也突出了本套教材的实用性。其次，丰富、实用的内容和多样性的课程设置，为行业内“城市轨道交通”各类人才的培养，提供了专业的、实用的教材。

祝愿中国轨道交通事业蓬勃发展，也祝愿北京交通大学出版社这套“高等教育城市轨道交通系列教材”能够为促进我国城市轨道交通又好又快地发展提供支撑！

中国工程院院士

2011年5月

前 言

近年来,随着我国经济的飞速发展,大城市日趋繁荣,城市人口迅速增加,交通压力巨大,发展大运量的城市轨道交通已成为解决大城市交通问题的关键,轨道交通行业正处于快速发展时期。

在“十五”计划中,国家首次提出了要发展城市轨道交通;《国家产业技术政策》也明确指出:“在百万人以上城市,要优先发展以轨道交通为主的公共交通系统。”到“十五”末的2005年底,全国有9个城市拥有轨道交通运营线路,总里程约450 km;到“十一五”末的2010年底,全国有13个城市拥有49条轨道交通运营线路,总里程达1425.5 km,轨道交通成为各种城市交通方式中发展最快的运输方式。根据规划,在“十二五”期间,我国城市轨道交通仍将保持快速发展态势。到2020年,轨道交通在大城市交通系统中将充分发挥主体骨干作用。

城市轨道交通种类繁多,包括地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统等,已经建成或正在兴建的城市轨道交通几乎包括了上述各种类型。每种类型的城市轨道交通系统都犹如一台“大联动机”,设备众多、关系复杂,只有各种设备协调工作才能保证大联动机的正常运转。城市轨道交通设备主要包括线路、车站、车辆、供电、信号、通信、机电、监控系统等。城市轨道交通设备是城市轨道交通正常运营的物质和技术基础,城市轨道交通专业人员必须了解城市轨道交通系统各种设备的构成、原理、功能及设备之间的相互关系,才能做好运营工作。本书正是为了满足城市轨道交通从业人员的需要,按照人们对城市轨道交通系统的认知顺序,对上述做了全面介绍。

本书共分为9章,主要内容有:绪论、城市轨道交通线路、城市轨道交通车站、轨道交通车辆、城市轨道交通供电系统、城市轨道交通信号、城市轨道交通通信、城市轨道交通车站机电设备、城市轨道交通监控系统。结构逐层递进,内容结合实际,语言通俗易懂。本书可作为高等学校城市轨道交通相关专业本科生教材,也可作为远程与继续教育、高等职业教育以及其他各类教育和培训教材,并可作为城市轨道交通行业工程技术人员和技术工人的学习资料。

本书由朱爱华主编。编写分工如下:第1、7、8、9章由朱爱华编写,第2、3章由周振东编写,第4章由徐健编写,第5章由陈梅编写,第6章由贾文婷、陈梅编写。

在本书编写过程中,参考了大量的文献,在此向作者表示衷心感谢,并对本书编写给予支持的北京交通大学远程与继续教育学院及北京交通大学出版社相关人员表示感谢。

由于编者水平所限,书中谬误和不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2011年6月于北京

目 录

第1章 绪论

1.1 城市轨道交通概述	2
1.1.1 城市轨道交通的概念	2
1.1.2 城市轨道交通的特点	2
1.1.3 城市轨道交通的种类	4
1.1.4 城市轨道交通设备的特征	8
1.2 城市轨道交通发展概况	9
1.2.1 世界城市轨道交通的发展概况	9
1.2.2 我国城市轨道交通的发展概况	15

第2章 城市轨道交通线路

2.1 线路概述	23
2.1.1 线路的选线	23
2.1.2 线路的敷设方式	24
2.1.3 线路的类型	25
2.2 线路设计	28
2.2.1 线路平面	28
2.2.2 线路纵断面	30
2.2.3 线路横断面	32
2.2.4 线路标志	34
2.3 路基和桥隧建筑物	35
2.3.1 路基	35
2.3.2 桥梁	36
2.3.3 隧道	41
2.4 轨道	44
2.4.1 轨道构成	44
2.4.2 轨道结构的几何形位	52
2.4.3 无缝线路	55

第3章 城市轨道交通车站

3.1 车站概述	59
3.1.1 车站分类	59

3.1.2 车站规模	61
3.1.3 车站组成	62
3.1.4 车站建筑风格	63
3.2 车站设计	64
3.2.1 车站设计原则	64
3.2.2 地下车站设计	65
3.2.3 高架车站设计	69
3.2.4 地面车站设计	70
3.3 换乘站	71
3.3.1 换乘站特点	71
3.3.2 换乘方式	71
3.4 车站线路	74
3.4.1 车站配线	74
3.4.2 道岔及线路编号	74
3.4.3 站界	75
3.4.4 线路有效长	76

第4章 城市轨道交通车辆

4.1 车辆概述	78
4.1.1 车辆组成	78
4.1.2 车辆分类	80
4.1.3 列车编组	81
4.1.4 车辆标识	82
4.1.5 车辆技术参数	82
4.2 车体	84
4.2.1 车体特征	84
4.2.2 车体结构	84
4.2.3 车体材料	85
4.2.4 车门	86
4.3 转向架	89
4.3.1 转向架作用	90
4.3.2 转向架分类	90
4.2.3 转向架组成	91

4.4	车钩缓冲装置	95
4.4.1	车钩分类	95
4.4.2	密接式车钩	96
4.5	制动系统	98
4.5.1	制动系统作用	98
4.5.2	对制动系统的要求	98
4.5.3	制动方式	99
4.5.4	制动控制系统	101
4.6	车辆电气牵引传动系统	103
4.6.1	受流设备	103
4.6.2	电力传动方式分类	103
4.6.3	直流牵引系统	104
4.6.4	交流传动系统	107
4.7	车辆检修及车辆段	109
4.7.1	车辆检修	109
4.7.2	车辆段	112

第5章 城市轨道交通供电系统

5.1	供电系统概述	116
5.1.1	供电系统构成	116
5.1.2	供电系统功能	119
5.1.3	供电系统技术要求	119
5.2	变电所	120
5.2.1	变电所概述	120
5.2.2	主变电所	121
5.2.3	牵引变电所	122
5.2.4	降压变电所	124
5.3	接触网	125
5.3.1	接触网概述	125
5.3.2	架空式接触网	126
5.3.3	接触轨式接触网	129
5.4	电力监控系统	130
5.4.1	系统概述	130
5.4.2	系统构成	131
5.4.3	系统功能	131
5.4.4	电力监控系统的接口	132
5.5	杂散电流	132
5.5.1	杂散电流的形成	132
5.5.2	杂散电流的危害	133
5.5.3	杂散电流的防护措施	133

第6章 城市轨道交通信号

6.1	信号系统概述	136
6.1.1	信号分类	136
6.1.2	信号颜色及表示意义	136
6.1.3	信号系统的组成	137
6.2	信号基础设备	137
6.2.1	继电器	138
6.2.2	信号机	138
6.2.3	转辙机	140
6.2.4	轨道电路	143
6.2.5	计轴设备	144
6.2.6	控制台	145
6.3	联锁设备	147
6.3.1	联锁及联锁设备	147
6.3.2	继电器集中联锁	148
6.3.3	计算机联锁	150
6.4	闭塞设备	152
6.4.1	闭塞的概念	152
6.4.2	超速防护自动闭塞	152
6.4.3	代用闭塞法	155
6.5	列车自动控制系统	156
6.5.1	列车自动控制系统组成及功能	157
6.5.2	列车自动防护系统	159
6.5.3	列车自动运行系统	164
6.5.4	列车自动监控系统	168
6.5.5	信号系统运营模式	171
6.5.6	列车驾驶模式	172
6.5.7	列车自动控制系统接口	172

第7章 城市轨道交通通信

7.1	通信系统概述	175
7.1.1	通信系统的作用	175
7.1.2	城市轨道交通对通信系统的要求	175
7.1.3	城市轨道交通通信分类	176
7.2	通信系统的结构	176
7.2.1	通信系统的要素	176
7.2.2	通信系统的结构形式	177
7.3	通信系统的组成	179

7.3.1 传输系统	179	8.6.1 AFC 系统功能	213
7.3.2 数字程控交换系统	180	8.6.2 AFC 系统构成	213
7.3.3 闭路电视监控系统	183	8.6.3 AFC 车站设备	215
7.3.4 广播系统	185	8.6.4 AFC 系统设备设计原则	218
7.3.5 乘客信息系统	186	8.6.5 AFC 系统接口	218
7.3.6 无线通信系统	187		
7.3.7 时钟系统	188	第 9 章 城市轨道交通监控系统	
7.3.8 电源系统	189	9.1 城市轨道交通监控系统概述	220
第 8 章 城市轨道交通车站机电设备		9.1.1 监控系统设置的必要性	220
8.1 车站机电设备概述	191	9.1.2 监控系统的发展概况	220
8.1.1 车站机电设备的作用	191	9.2 环境与设备监控系统	221
8.1.2 车站机电设备的特点	191	9.2.1 系统概述	221
8.2 通风空调系统	192	9.2.2 系统构成	221
8.2.1 通风空调系统功能	192	9.2.3 系统功能	223
8.2.2 通风空调系统设计原则	192	9.2.4 系统接口	224
8.2.3 通风空调系统构成	193	9.3 火灾自动报警系统	225
8.2.4 通风空调系统控制方式	196	9.3.1 系统概述	225
8.3 给排水系统	197	9.3.2 系统构成	226
8.3.1 给排水系统功能	197	9.3.3 系统功能	227
8.3.2 给排水系统设计原则	197	9.3.4 自动灭火系统	228
8.3.3 给排水系统构成	198	9.3.5 系统接口	232
8.3.4 给排水系统控制	199	9.4 综合监控系统	233
8.4 屏蔽门系统	200	9.4.1 系统概述	233
8.4.1 屏蔽门功能	200	9.4.2 系统构成	234
8.4.2 屏蔽门分类	200	9.4.3 系统功能	235
8.4.3 屏蔽门设计原则	202	9.4.4 系统接口	235
8.4.4 屏蔽门系统组成及控制	202	附录 A 城市轨道交通设备	
8.5 电梯系统	206	模拟试题	237
8.5.1 电梯系统构成及功能	206	A1 模拟试题 1	237
8.5.2 电梯系统设计原则	206	A2 模拟试题 2	238
8.5.3 自动扶梯	207	附录 B 专业术语中英文	
8.5.4 垂直电梯	209	对照表	241
8.5.5 楼梯升降机	209	参考文献	243
8.5.6 自动步道	212		
8.6 自动售检票系统	213		

1

第1章 绪论

内容提要

本章主要讲述城市轨道交通的概念、特点、种类，城市轨道交通设备的特征以及城市轨道交通发展概况。

城市轨道交通是城市公共客运交通的一个重要组成部分，是采用轨道结构进行承重和导向的车辆运输系统。城市轨道交通种类繁多，包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统等形式。

城市轨道交通随着城市的发展而形成和发展，目前，在世界范围内，尤其是在我国，城市轨道交通正处于快速发展阶段。

难点重点

1. 城市轨道交通的概念。
2. 城市轨道交通的优缺点。
3. 城市轨道交通的种类。

1.1

城市轨道交通概述

1.1.1 城市轨道交通的概念

城市交通是城市发展的产物，是为城市服务的重要环节，是城市基础设施的重要组成部分，也是城市可持续发展的基本保障。现代化城市的发展，充分证明了城市交通在城市发展进程中起到极其重要的作用。表现在城市交通是城市生存与发展的必要条件，是城市内外联系的纽带，是城市布局的框架，是城市生活的重要组成部分，也是城市现代化的重要标志之一。然而，随着城市的不断发展，拥堵、事故、环保、能耗等城市交通问题日益突出。城市轨道交通以其无可比拟的优势，越来越赢得城市管理者 and 市民的青睐，正逐渐成为城市最主要的交通工具。

城市轨道交通是城市公共客运交通的一个重要组成部分，是采用轨道结构进行承重和导向的车辆运输系统。是依据城市交通总体规划的要求，设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路，以列车或单车形式，运送相当规模客流量的公共交通方式。它包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统等形式。

1.1.2 城市轨道交通的特点

1. 城市轨道交通的优势

与其他交通方式相比较，城市轨道交通具有无可比拟的优势，主要体现在运能大、速度快、能耗低、污染少、可靠性高、舒适性好和占地面积少等方面。

1) 运能大

现代化的城市轨道交通，由于先进技术的运用，使得列车密度和单列载客能力得到了大幅度提高，从而大大提高了城市轨道交通的运输能力，能够充分满足现代化城市大客流的需要。目前，大型地下铁道系统的高峰小时单向运输能力可达6万~7万人次。

2) 速度快

由于列车采用先进的电动车组动力牵引方式，又有良好的线路条件和自动控制体系，列车的快速运行安全有了保障。因此，现代城市轨道交通系统的列车运行速度比过去有了明显的提高。目前，地下铁道列车的最高运行速度能达到100 km/h，旅行速度基本可达到35~45 km/h，这在各种城市交通方式中是较快的。

3) 能耗低

由于城市轨道交通为大运量客运系统,而且采用了多项高新技术,在客流得到保证的情况下,使得每位乘客的平均能耗远远低于其他任何一种城市交通方式。

4) 污染少

城市轨道交通一般均采用电力牵引方式,列车在运行过程中以电为能源产生动力,没有废气污染;采用以内燃机为动力的内燃动车组列车,与以燃油为动力的交通工具相比较,也因大运量集团化运输方式,而使每位乘客所均摊的污染微乎其微。因而城市轨道交通有“绿色交通”之称,是一种可持续发展的交通方式,符合现代城市可持续发展的要求。

5) 可靠性高

城市轨道交通线路一般采用地下或高架方式而与地面其他交通方式完全隔离,因而不受地面交通干扰。如果是建在地下隧道内的线路,则受气候条件影响也非常小。现代化轨道交通一般都采用先进的信号安全系统来确保列车运行安全,轨道交通的准点性也是其他交通形式不可比拟的。因此,城市轨道交通是城市客运交通方式中可靠性最高的一种交通方式。尤其是在上下班高峰时段、气候条件恶劣之时,对于时间观念极强的现代城市交通行为者而言,这点优势是至关重要的。

6) 舒适性好

城市公共客运交通方式的舒适性主要表现在环境质量与拥挤度两个方面。对城市轨道交通而言,不论是车站的环境,售检票环境,还是途中车厢内的乘车环境,均有现代化的环境控制设施保障(如采用全空调等)。拥挤度虽然也比较高,但是因轨道交通的快速性、准时性和列车间隔时间小,使乘客候车和乘车时间短,拥挤度也在一定程度上被乘客忽视。

7) 占地面积少

城市轨道交通一方面因大量采用立交形式,而大大减少了城市土地的占用,另一方面又因大运量运输方式,而使乘客的交通行为人均所占的道路面积进一步减少。

城市轨道交通另外还使得沿线土地得到有效利用和开发,使得城市布局更加合理和更加方便市民的出行,同时高架线路还增添了现代都市的景观效应。因此,城市轨道交通的发展近年来在世界各地呈现出蓬勃向上之势,无论是在经济发达的国家和地区,还是在发展中国家和地区,城市轨道交通均成为发展城市交通的重要手段。

2. 城市轨道交通的局限性

城市轨道交通虽然有许多优点,然而在具体的发展过程中还存在建设投资巨大、线路建成后不易调整、运营成本高、经济效益有限等局限性。

1) 建设投资巨大

城市轨道交通线路越长,形成路网规模越大,其优势越能彰显。然而,城市轨道交通系统建设要求高,施工难度大,设备技术标准高,使得每千米线路的修建需要上亿元的投入,尤其是地下线每千米造价达3亿元人民币以上。一个国家或地区的城市如果没有相当强的整体经济实力,是无法承受如此巨额的投资负担。

2) 线路建成后不易调整

城市轨道交通线路一般均是永久性结构(如地下隧道、高架桥结构等),建成后几乎无

调整的可能性。因此，城市轨道交通线路的选线及路网规划应严格按照城市发展规划进行认真制定，否则，会造成极大的工程投资浪费。

3) 运营成本高

城市轨道交通系统能耗相当大，包括列车牵引、环境控制、车站机电设备及通信信号设备等日常运转的能耗等。此外，高标准的防灾系统使用机会虽然不多，但是其投资成本与日常维护保养的成本也相当高。加之车站服务工作、运营管理的大量人员、设备的费用等，使整个城市轨道交通系统运营成本居高不下。

4) 经济效益有限

城市轨道交通系统带着较强的公益性特征，较多地关注间接的社会整体效益。城市轨道交通票价的制定一般采用国家定价或国家指导价方式，无法按运输成本核收票价，极易导致运营亏损。虽然世界上已有少数城市轨道交通系统因乘客量巨大，产业开发经营较佳而达到略有盈余，但还有众多的城市轨道交通系统处于“亏本经营”状态，依赖国家与地方政府、社会机构提供补贴。

5) 观念认识的局限

由于城市轨道交通供求矛盾有较强的弹性表现，即在时间、空间上分布不均衡，再加上城市轨道交通系统本身投入大、直接显性产出低、成本高、经济效益差等特点，导致决策层的观念认识往往跟不上交通的发展，带来城市轨道交通规划建设的滞后。

1.1.3 城市轨道交通的种类

城市轨道交通种类繁多，根据《城市公共交通分类标准》(GJJ/T 114—2007)，分为地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统。

1. 地铁系统

地铁系统，又称为地下铁道，其原始含义是修建在地下隧道中的铁路。随着地下铁道的发展，其线路布置不仅局限在地下隧道中，而是根据需要也可以布置在地面或采用高架的方式修建，但城区内的线路还是以地下为主（如图 1-1 所示）。

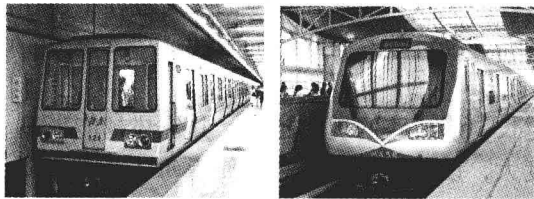


图 1-1 地铁系统

地铁系统是一种大运量的轨道运输系统，单向高峰小时最大断面客流量在 3 万~7 万人次之间。一般情况下，线路实行全封闭，可实现信号控制的自动化，适用于客运量较大的城

市中心区域。

2. 轻轨系统

轻轨的原始含义是指车辆运行的线路所使用的钢轨比地铁所使用的钢轨轻。由于轻轨系统的钢轨较轻，其整体的技术标准也低于地铁，因而轻轨的运输能力也远远小于地铁，早期的轻轨一般是直接对旧式有轨电车系统改建而成。20世纪70年代后期，一些国家开始修建全新的现代轻轨系统，使得轻轨系统的行车速度、舒适程度及噪声得到了很大的改善（如图1-2所示）。

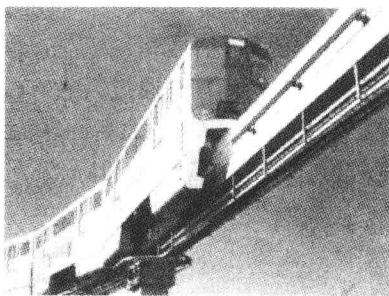


图1-2 轻轨系统

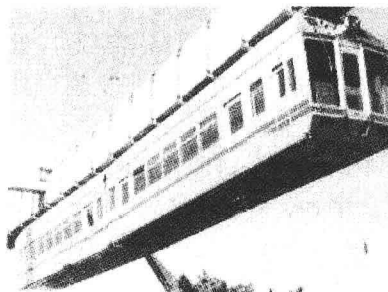
轻轨系统是一种中运量的轨道运输系统，单向高峰小时最大断面客流量在1万~3万人次之间。轻轨系统主要在城市地面或高架桥上运行，线路采用地面专用轨道或高架轨道，遇繁华街区，也可进入地下或与地铁接轨。轻轨的服务范围主要连接市区与郊区，构成市区与重点郊区的大运能通道。

3. 单轨系统

单轨系统是车辆或列车在单一轨道梁上运行的城市客运交通系统。单轨系统的线路通常采用高架结构，车辆则大多采用橡胶轮胎。从构造形式上还可分为跨座式单轨与悬挂式单轨两种（如图1-3所示）。跨座式单轨是列车跨座在轨道梁上运行的形式，而悬挂式单轨则是列车悬挂在轨道梁下运行的形式。



(a) 跨座式单轨



(b) 悬挂式单轨

图1-3 单轨系统

单轨系统是一种中运量的轨道运输系统，适用于单向高峰小时最大断面客流量1万~3万人次的交通走廊。其占地面积很少，与其他交通方式完全隔离，运行安全可靠，建设适应性较强。主要使用范围如下：

- ① 城市道路高差较大，道路半径小，线路地形条件较差的地区；
- ② 旧城改造已基本完成，而该地区的城市道路又比较窄；
- ③ 大量客流集散点的接驳线路；
- ④ 市郊与市区之间的联络线；

⑤ 旅游区域内景点之间的联络线，旅游观光线路等。

我国重庆现已开通的城市轨道交通线路就是采用的跨座式单轨系统（如图 1-4 所示）。

4. 有轨电车

有轨电车是使用电车牵引、轻轨导向、1～3 辆编组运行在城市路面线路上的轨道交通系统（如图 1-5 所示）。

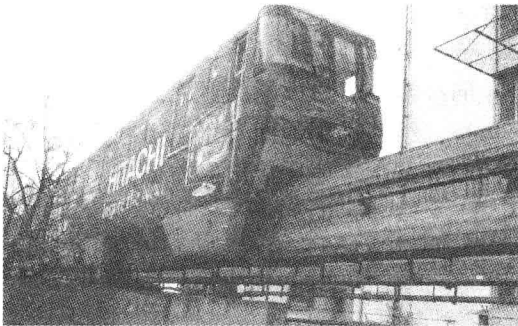


图 1-4 重庆单轨交通



图 1-5 有轨电车

有轨电车的轨道主要铺设在城市道路路面上，车辆与其他地面交通混合运行，根据街道条件，又可分为以下三种情况：

- ① 混合车道；
- ② 半封闭专用车道（在道路平交道口处，采用优先通行信号）；
- ③ 全封闭专用通道（在道路平交道口处，采用立体交叉方式通过）。

有轨电车是一种低运量的城市轨道交通系统，单向高峰小时最大断面客流量一般在 1 万人次以下。由于与其他车辆混合运行，运行速度较慢，一般在 10～20km/h，目前有些旧式有轨电车改造成了新式轻轨。

5. 磁浮系统

磁浮系统起源于人们对速度的追求，1922 年，德国人提出了电磁悬浮原理，并于 1934 年申请了磁浮列车的专利——“通过磁场达到悬浮并沿铁路轨道行驶的无轮车辆组成的悬浮列车”。磁浮列车实际上是依靠电磁吸力或电磁斥力将列车悬浮于空中，它的速度可达到 500 km/h 以上，是当今世界上最快的地面客运交通工具，有速度快、爬坡能力强、能耗低的优点（如图 1-6 所示）。

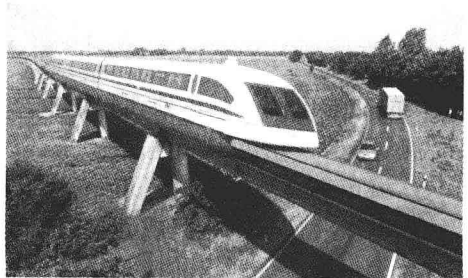


图 1-6 磁浮系统

目前，磁浮系统主要有两种基本类型，一种

是高速磁悬浮系统，其最高行车速度可达500km/h；另一种是中低速磁悬浮系统，其最高行车速度为100km/h。高速磁浮系统由于行车速度很高，通常对于站间距离为不小于30km的城市之间远程线路客运交通较为适宜。中低速磁浮系统由于行车速度相对较低，对于城市区域内站间距大于1km的中、短程客运交通线路较为适宜。

磁浮系统是一种中等运量的轨道运输系统，对单向高峰小时最大断面客流量在1.5万~3万人次的交通走廊适用。磁浮系统列车主要在高架桥上运行，特殊地段也可在地面或地下隧道中运行。

由于磁浮系统在我国尚处新兴技术发展阶段，在城市轨道交通领域的应用经验，还有待不断总结，选用这项技术方案时，应做充分的技术经济比较。我国目前投入运营的唯一一条磁浮系统商业运行线是2001年3月1日开工建设的上海磁悬浮列车示范线（如图1-7所示）。上海磁悬浮列车示范线西起上海地铁2号线龙阳路车站南侧，东到浦东国际机场一期航站楼东侧，线路总长31.17km。

6. 自动导向轨道系统

自动导向轨道系统，是一种车辆采用橡胶轮胎在专用轨道上运行的系统（如图1-8所示）。日本较早采用自动导向轨道系统，1981年开通的两条线路，一是神户新交通公司开通的三宫—中公园线路，全长6.4km，二是大阪市住之江公园—中埠头间的6.6km线路。

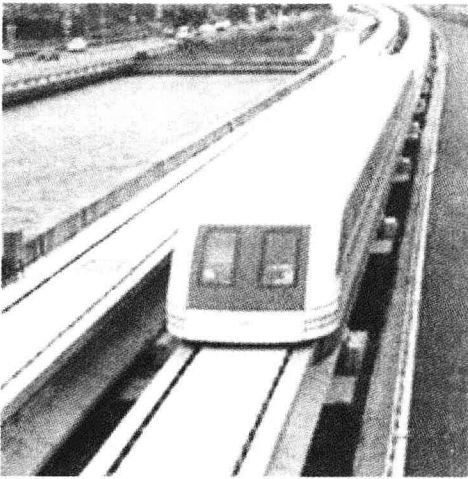


图1-7 上海磁悬浮列车示范线

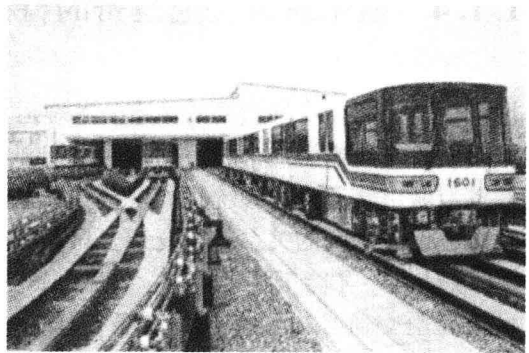


图1-8 自动导向轨道系统

自动导向轨道系统是一种中运量乘客运输系统，由于其列车沿着特制的导向装置行驶，车辆运行和车站采用计算机控制，可实现全自动化和无人驾驶技术，通常在繁华市区线路可采用地下隧道，市区边缘或郊外宜采用高架结构。自动导向轨道系统适用于城市机场线或城市中客流相对集中的点对点运营线路，必要时，中间可少量停靠站。